

## 放射線による制癌シンポジウム

放射線による制癌シンポジウムは日本医学放射線学会の分科会である生物部会が基礎と臨床の対話を行うことの重要性から毎年1回開かれており、今回は放医研として初めて引き受けることになり去る7月6～7日重粒子治療推進棟大会議室で開かれました。

1895年X線発見に始まる放射線医学は今世紀に大きく開花し、がん治療に多大な貢献をしてきました。この間、治療法の進歩は物理計測の発展と工学技術による照射機器開発を基盤として、近年になり急速に進歩してきたコンピュータ技術を積極的に取り入れることにより、局所線量集中化が最近では目覚ましい。一方、悪性腫瘍の放射線照射効果に関する知識は実験研究を中心に深化し、腫瘍感受性や正常組織反応に関する細胞および分子レベルでの解析が可能になってきました。20世紀最後の年に開催する第30回の本シンポジウムでは、21世紀へむけた放射線治療を考える機会をつくることにしました。

今回のテーマとしては「**治療効果比向上への新しい展開**」として下記のごとく6セッションを企画しました。

**(1)「生物効果の分子機構」**では細胞の放射線・温熱感受性に関するDNA依存性プロテインキナーゼ(DNA-PK)の役割(東大・松本義久氏)、DNA二重鎖切断修復と高LET放射線の生物効果(放医研・古澤佳也氏)、NOラジカルによる放射線バイスタンダー効果(福井医大・松本英樹氏)、ミトコンドリア(放医研・馬嶋秀行氏)などの細胞レベルでの最新研究成果とともに、小線量全身照射が誘導する大線量局所照射障害の軽減作用(Mohi Rezvani氏・オックスフォード大学)も興味深いものでした。

**(2)「遺伝子診断と治療」**では遺伝性腫瘍の発症前リスクや腫瘍悪性度などの遺伝子診断の現状とDNAチップなど今後の展望(がん研・三木義男氏)、およびp53がん抑制遺伝子を食道がん治療に用いる研究(千葉大・郡司祥雄氏)を紹介しました。

**(3)「治療に伴う副作用」**は放医研で開催する特徴を持たせた企画であり、子宮頸癌放射線治療後の2次発がんは長期生存患者の1%未満であること(放医研・中野隆史氏)、10年前から日本で治療が始まったガンマナイフによる脳腫瘍治療での副作用(東大・寺原敦朗氏)、一日多分割照射法の副作用(金沢大・菊池雄三氏)、は勉強になりました。そして、小児がん放射線治療による成長障害(国立小児病院・正木英一氏)は本シンポジウムで最も強い印象を与えたようでした。

**(4)「Tumorheterogeneityへの新しい対応」**では正常組織と異なるがん特有な性質について、がん組織中の放射線抵抗性休止期細胞(京大原子炉・増永慎一郎氏)とがん組織内部での増殖不均一性(弘前大・阿部由直氏)の観点から論ずるとともに、

がんの性状を検出する方法に関して低酸素細胞(東北大・高井良尋氏)とテロメラーゼ(京都府立医大・今堀良夫氏)を対象とした発表をしていただきました。

**(5)「高精度の放射線治療技術」**では近年飛躍的發展を遂げてきた線量集中技術について、呼吸同期照射(放医研・蓑原伸一氏)、ライナック定位照射(防衛医大・植松稔氏)、荷電粒子線(国立がんセンター東・荻野 尚氏)について報告していただくとともに、治療に必要な画像診断(放医研・鎌田 正氏)を取り上げました。

**(6)「21世紀の放射線治療を考える」**では生物(京大放生研・丹羽太貫氏、東京医歯大・佐々木武仁氏)と治療(放医研・辻井博彦氏、大阪大・井上俊彦氏)を代表する演者に、来世紀に展開すべき研究の方向について意見発表していただき、その後座長(京大原子炉・小野公二氏)の司会でフロアーと演者の間で質疑応答を展開しました。

以上に加えて、**特別講演**として昨年東海村で起こった臨界事故被ばく患者の治療(放医研・明石真言氏)、また**招へい講演**として放射線による脳の遺伝子発現(UCLA・McBride氏)のお話を伺い、その後活発な質疑応答が行われました。総出席者数130名を超えた本シンポジウムの内容は雑誌「がんの臨床」特別号として出版します。最後になりますが、国際宇宙放射線医学研究センター、治療・診断部、医用重粒子物理・工学研究部、放射線科学研究部、企画室、の多数の方々からの絶大なる御支援なしには本シンポジウムは実現できなかったものであり、ここに関係諸氏に深謝します。



(放射線治療生物研究推進室 安藤 興一)

## TOPICS

**RADIOISOTOPES誌 論文奨励賞を受賞**

(社)日本アイソトープ協会が、アイソトープ・放射線に関する研究分野のいっそうの進展と若手研究者を発掘・支援する目的で、同協会のRADIOISOTOPES誌に投稿した論文を対象に、「論文奨励賞」を創設。今回4回目となる表彰式が7月3日(月)東京にある日本青年館で行われた。当研究所からは、床次真司さんと保田浩志さんの両名が受賞し、その表彰された論文の概要は以下のとおり。



床次真司さん(左)と保田浩志さん

**『パッシブ型ラドン測定器のトロンに対する応答特性』**

床次真司(人間環境研究部研究員)

最近、ラドンが注目を集めている。ラドンは、我々の住む自然界にも普通に存在するウランなどから発生する放射性的の気体である。

このラドンによる被ばくが集団線量に占める割合が無視できないほど大きいことは国連科学委員会報告でも指摘されているところである。

通常ラドンの測定には、パッシブモニター(下図)が使われるケースが多いが、測定時にトロンというラドンの同位体も検出してしまうので、実際のところ何を測っているのか? という疑問をもった。

今回の応答特性の評価試験では、2種類のパッシブ型ラドンモニターを検査した。どちらの測定器も検出器にはCR-39(固体飛跡検出器)が用いられている。人為的に比較的トロン濃度が高い雰囲気を作り、そこへラドンモニターを設置した。測定器Aでは、環境中のラドン濃度が1、トロン濃度比が1であるとき、測定器のレスポンスとして1.8倍のラドン濃度を示す。測定器Bでは2.1倍となり、環境中でトロンが混在する割合によっては、これらのラドン濃度は過大評価される可能性があり、ラドンの測定をする場合は、実試験によってモニタの性能をチェックすることが必要不可欠がある。



## 『蛍光利用型線量計の高エネルギー重イオンに対する応答』

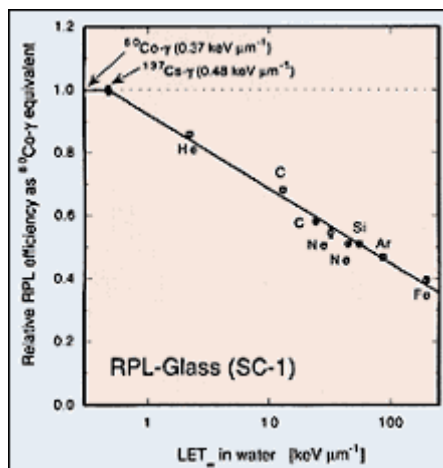
保田浩志(国際宇宙放射線医学研究センター主任研究官)

宇宙環境では、地球上とは異なる種類の幅広いエネルギーの粒子線により被ばくを受けるため、宇宙飛行士や将来の宇宙旅行者の放射線被ばくの問題に関して感心が高まっている。

そこで、そうした特殊な性質を持つ宇宙放射線の測定に既存の線量計が有効か?を確認するため、放医研の重粒子線がん治療装置(HIMAC)で得られる重イオンビームを用いて線量計の照射実験を行った。

対象とした線量計にはガラス線量計等の蛍光利用型線量計を選び、系統的に粒子種(He, C, Ne, Si, Ar, Fe)を変えて実験を行った。その結果、素材の異なる線量計はそれぞれ特徴的なLET依存性を示すこと、例えば、ガラス線量計(SC-1)の比較度は、広いLET範囲にわたってLETの対数値とほぼ線形の関係を保ちながら低下すること等が新しく見出された。(下図参照)

これらの結果は、宇宙のような重イオンが混在する場で蛍光利用型線量計を線質の評価・検証に利用できることを示唆している。



## 二次ビーム用プロファイルモニタの開発 (粒子識別型プロファイル)

### はじめに

現在、HIMACでは二次重粒子線照射室、及び二次重粒子照射装置の建設が進められています。二次重粒子線(以後二次ビーム)とはシンクロトロンで加速されたビームをターゲットに当て、その際に原子核反応で生成された原子核のビームをいいます。特に $^{11}\text{C}$ 等の陽電子を出して崩壊していく不安定原子核を用い、その二次粒子が物質中で停止した所で発生する対消滅 $\gamma$ 線を測定することで粒子の止まった位置を正確に測定し、患部へのビーム照射の精度を高めるために利用します。

### 目的

二次ビームはターゲットから出てくる際に多種類の二次ビーム成分を含んでいます。この中から目的とする二次ビームのみの位置や形状(プロファイル)を選択的に測定することができれば目的としない二次ビームをスリットでカットしやすくなる等、照射室へのビーム輸送の面でより効率的なビーム調整が可能となります。以上のことを目的とし、多種に及ぶ二次ビームの中から目的とする二次ビームだけを選択的にプロファイル測定可能な二次ビーム用プロファイルモニタの開発を行いました。

### 二次ビーム用モニタセンサ構造

二次ビーム用モニタセンサはHIMACの高エネルギービーム輸送系(HEBT)で使用しているプロファイルモニタセンサと同様の多線比例係数管タイプでX、Yの陽極ワイヤセンサを3枚の陰極ワイヤで挟み込む形になっています。HEBTのモニタセンサと異なる点はHEBTではモニタセンサにビームが通過した際にワイヤから取り出される電離電流を積分してプロファイルを計測しているのに対し、二次ビーム用プロファイルモニタは目的とする粒子のみを多種に及ぶ二次粒子の中から識別するため、個々の粒子が誘起されつくり出す出力信号(イベント信号)を処理、識別しなければなりません。しかしイベント信号は微小で、ノイズの影響を受けやすいという問題があります。その対処法として本モニタセンサには信号増幅を行うプリアンプが直接取り付けられています。これにより二次ビームによるワイヤからのイベント信号をノイズに埋もれることなく検出することが出来ます。

### 識別プロファイル測定方法

多種に及ぶ二次ビームのプロファイルを選択的に計測するためには、現在二次ビームコースに設置されているTOF(Time of Flight)や $\Delta E$ カウンタからの信号を利用することが考えられます。TOFはビームの飛行時間(速度)を測定するものです。電磁石により、一定の運動量を持つ粒子集団を選択すると、運動量は速度と粒子の重さ



で決まるため、ターゲットから出た二次ビームは核種ごとに異なる速度を持つことになります。この速度の違いを測定し、粒子の識別に役立てるのがTOFの役目です。

△Eカウンタは(荷電)粒子が物質中を通過する際に失うエネルギー(エネルギーロス)を測定するものです。エネルギーロスは粒子の電荷や速度により異なります。これも二次ビームの核種を識別するのに利用されます。

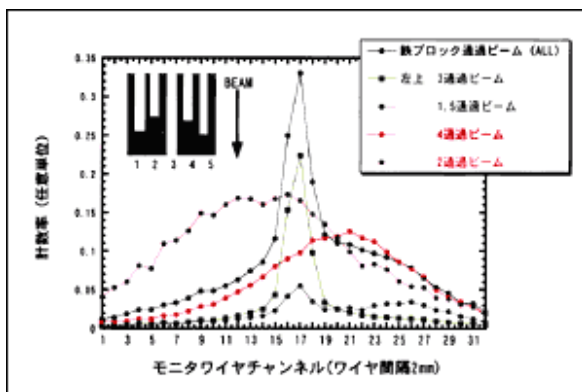
このTOFと△Eカウンタの出力から目的とする二次粒子の速度とエネルギーロスを選定し、それを条件として生成した信号をゲートとして用い、その条件(ゲート信号)に当てはまる時だけ、モニタセンサ各ワイヤの出力を測定することで、目的とする二次ビームのみのプロファイル測定が行えます。

現在はまだ開発段階でありTOF、△Eカウンタの代わりにプラスチックシンチレータを用いたビーム試験が行われています。

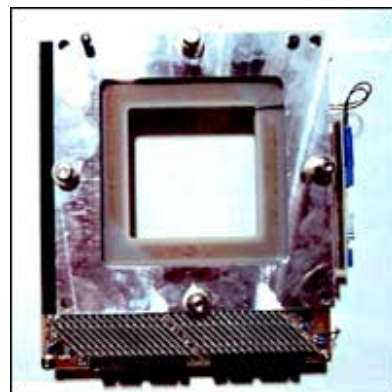
## ビーム試験

ビーム試験はまず深さの違う数個の穴があいた鉄ブロックにビームを通し、その鉄ブロックの深さの違いにより生じる数種類のエネルギーのビームをプラスチックシンチレータで測定します。その時のシンチレータ中でのエネルギーロスの差を選定及び識別することで、センサー各ワイヤ出力のゲートとして、鉄ブロックの特定の穴を通過したビームのプロファイルのみの測定を行っています。この結果、目的とする粒子だけのプロファイルを選択的に測定することが出来ました。またイベント信号を扱う際に重要となるビーム強度(粒子線)の測定範囲は～104pps(particle/sec)という低強度まで測定可能であることがわかっています。

実際に測定したプロファイルを図1に示します。図中左上の図はモニタ上流に設置した鉄ブロックを上からみた図になっており、1～5の番号はそれぞれの穴の位置と深さ(=エネルギーロス)を示しています。



**図1 粒子識別したビームプロファイル**  
エネルギーの異なる粒子(12C)を識別してそれぞれのプロファイルを測定した。



**写真1 二次ビーム用モニタセンサ**  
写真中央がワイヤになっており、その下のななめの基板が32ch分のプリアンプになっている。

(AEC加速器グループ 花ヶ崎 充)

## とっさの処置

夏が近づき、海や山へ出かけることも多いと思います。楽しいとつい気がゆるんでけがをすることがあります。そんなとき慌てないように、今回はとっさの処置についてお話ししたいと思います。

### ◇軽いけが

水道の流水で良く洗い、汚れやばい菌をしっかりと落としてください。その後消毒してガーゼを当て、包帯します。傷に土や砂が入って取れない場合、破傷風を引き起こす原因になるので病院で再度消毒し予防注射をします。刺し傷は消毒してから刺さっているものを抜き、もう一度消毒してガーゼを当てます。中に破片が残っている場合は病院に行きます。

### ◇やけど

水道の流水で20分以上冷やします。広範囲の場合は病院に行きます。服の上からやけどした場合は無理に脱がさずそのまま服の上から流水を当てます。薬品でやけどした場合も同じです。赤くなっただけのやけどは冷やした後消毒しガーゼを当てます。水疱が出来た場合は化膿しやすく、ひきつれを作りやすいので無理につぶさず消毒しガーゼを当てて病院へ行きます。

### ◇蜂に刺された

消毒し針を抜き冷湿布します。あれば抗ヒスタミン剤、ステロイド軟膏を塗ります。ショックを起こすこともあり、要注意なので病院へ行きます。

### ◇犬に噛まれた

犬の歯にはばい菌がついているので、小さい傷でも消毒したあと病院へ行きます。

### ◇熱射病

暑い日、急に体温が上がり、動悸、顔が真っ赤になり気分が悪くなります。風通しの良いところで頭を少し高くして寝かせ、氷などで頭を冷やし、冷たいものを飲ませます。

### ◇人が倒れた

まず冷静に意識、呼吸、脈の確認。揺り動かしたりせず、呼びかけます。患者の反応が無かったら一人で対応するのは大変なので大声で助けを呼びます。脈は手首や首の気道脇で確認。意識が無い時は首と肩の下に枕のようなものを入れて気道の確

保。吐いていたら患者を横向きに寝かせタオルを指に巻きつけ口から掻き出し気道確保します。脈が無ければ心臓マッサージ。患者を平らなところへ寝かせ、胸の中央を両手で1分間に60～70回押します。手分けして至急救急車を呼びます。患者にかかり付けの病院があれば連絡します。救急車の消防士に状況を報告し、患者の家族に連絡します。



(健康管理室 海老原 幸子)

## お知らせ

### 第43回緊急被ばく救護訓練課程研修生募集要綱

#### ■目的:

本課程は、主として原子力発電所等原子力施設に関連した機関において、緊急時に救急活動にたずさわる者を対象として、被災者の救急処置及び人体汚染計測に必要な基本的知識と技術を習得させることを目的とする。

#### ■募集人員及び研修期間:

募集人員  
約24名

研修期間  
自 平成12年10月23日(月)  
至 平成12年10月27日(金)

#### ■応募資格:

原子力施設あるいは、これに関連する公的機関等(消防、警察、防災対策部門、保健所、病院等)において、緊急被ばく時に救急、救護活動および看護の実務に従事する者等。

#### ■申込要領:



研修を受けようとする者は、所定の申込書に必要な事項を記入のうえ、平成12年9月15日(金)までに、放射線医学総合研究所人材育成開発センター教務室あてに提出して下さい。

■**応募者の選考及び受講者決定通知:**

研修生は前項の提出書類により審査のうえ決定し、平成12年9月29日(金)までに所属長及び(所属長経由)本人に郵送で通知します。

■**問い合わせ先:**

放射線医学総合研究所人材育成開発センター教務室  
〒263-8555 千葉県稲毛区穴川4-9-1  
TEL 043-206-3048(ダイヤルイン) FAX 043-251-7819  
[E-mail training@nirs.go.jp](mailto:training@nirs.go.jp)